Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. T.H. Schiebler

Über "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" der menschlichen Placenta

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Werner Küstermann

aus Marktleugast

Würzburg, den 11. November 1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543521_0081

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. T.H. Schiebler

Über "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" der menschlichen Placenta

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Werner Küstermann

aus Marktleugast

Würzburg, den 11. November 1980

Referent: Prof. Dr. T.H. Schiebler

Korreferent: Prof. Dr. K.H. Wulf

Dekan: Prof. Dr. K.H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

in memoriam

Erich Küstermann

1920 - 1980

Syncytial Sprouts and Intervillous Bridges in Human Placenta

Summary. In general syncytial sprouts and intervillous bridges are artifacts. Total series of histological sections reveal that sprouts and bridges are caused by tangential sections through syncytiotrophoblast. These observations are supported by scanning electron microscopy, graphical reconstruction and model experiments. However, it cannot be decided unequivocally whether short syncytial sprouts are artifacts or true differentiations of the syncytiotrophoblast.

Zusammenfassung. "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" der menschlichen Placenta sind im allgemeinen Schnittartefakte. Lückenlose Schnittserien histologischer Präparate der Placenta zeigen, daß sie bei Tangentialschnitten durch Syncytiotrophoblast entstehen. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen, graphische Schnittkonstruktionen und Modellversuche stützen dieses Ergebnis. Bei "kurzen Proliferationsknoten" kann mit den angewandten Methoden nicht entschieden werden, ob es sich um Artefakte oder um echte Differenzierungen von Syncytiotrophoblast handelt.

Einleitung

Aufgabe dieser Untersuchung ist es, zu klären, ob es sich bei den "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" der reifen menschlichen Placenta stets um Differenzierungen des Syncytiotrophoblast handelt, oder ob diese Strukturen auch durch die Schnittführung im histologischen Präparat zustande kommen können (Schiebler und Kaufmann 1981).

Die erst in späterer Zeit "Proliferationsknoten" genannten Gebilde wurden erstmals von Koelliker (1861) beschrieben. Er sah in ihnen den Ort des Zottenwachstums. Schmorl (1905) beschrieb abgerissene und in den mütterlichen Blutkreislauf fortgetragene "Proliferationsknoten". Tenney und Parker (1940) hielten die "Proliferationsknoten" für degenerative Erscheinungen. Shanklin (1958) sieht in ihnen eine lokale Hyperplasie des Syncytiums, Kaufmann et al. (1974) halten sie für den Ort einer intensiven RNS- und hCG-Synthese und ein Zentrum syncytialen Energiestoffwechsels. Jones und Fox (1977) schließlich sind der Ansicht, daß die "Proliferationsknoten" der Exkretion degenerativer Zellkerne dienen.

Ebenso wie die funktionelle Bedeutung der "Proliferationsknoten" ist auch die der "Syncytialbrücken" nicht abschließend geklärt. Stieve (1936) vertrat die Ansicht, daß zunächst "Proliferationsknoten" benachbarter Zotten miteinander verschmelzen und nachfolgend einsprossende Gefäße und Bindegewebe den Zottenbaum in ein "Raumgitter" umgestalten. Peter (1942) widersprach dieser Meinung heftig, er sah die Endzotten frei im intervillösen Raum flottieren. Nach Hörmann (1953) sollen die "Syncytialbrücken" der Versteifung des Zottenbaumes und dadurch der Stabilisierung der placento-fetalen Kreislaufverhältnisse unter der Geburt dienen. Auffällig ist die lichtmikroskopische und elektronenmikroskopische Ähnlichkeit von "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" (Schiebler und Kaufmann 1969).

Nicht berücksichtigt ist in der Literatur, daß Syncytiotrophoblast im histologischen Schnitt regelmäßig auch tangential

getroffen wird, und daß dabei Schnittfiguren entstehen, die den Eindruck echter Differenzierungen des Syncytiotrophoblast erwecken können. Die folgenden Ausführungen werden zeigen, daß aufgrund der Untersuchung von lückenlosen Schnittserien, rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen, graphischer Schnittkonstruktionen sowie Modellversuchen, der größte Teil der "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" Schnittartefakte sind.

Material und Methoden

Untersucht wurden 36 Placenten: 23 Placenten nach komplikationslosem Schwangerschaftsverlauf und termingerechter Geburt^{+}, 7 Placenten von Frühgeburten mit einer Schwangerschaftsdauer von 28 bis 36 Wochen^{+} und 6 Placenten mit hypoxämisch bedingten pathologischen Veränderungen^{++}. Das gesamte Material wurde in Formalin (Verdünnung 1:4) fixiert. Für lichtmikroskopische Untersuchung bestimmte Gewebsproben wurden in der üblichen Weise in Paraffin eingebettet, zur rasterelektronenmikroskopischen Präparation vorgesehene Proben wurden in Formalin (Verdünnung 1:4) aufbewahrt.

Lichtmikroskopische Untersuchung. Von allen Placenten wurden für die lichtmikroskopischen Untersuchungen lückenlose Schnittserien hergestellt und nach Goldner gefärbt (Romeis 1968): Schnittgröße ca. 5x10 mm, Schnittdicke ca. 7 µm. Anzahl der Schnitte pro Serie 40-480, durchschnittlich 180.

Die Auswertung der Schnitte erfolgte mit einem Zeichenmikroskop (WILD M 20-21027) und einem Mikroskop mit Projektionsschirm (WILD M 20-68 167). Zunächst wurde jede Serie makroskopisch bzw.

mit Lupenvergrößerung auf Vollständigkeit, seitenrichtiges Aufziehen und mechanische Unversehrtheit kontrolliert. Dann wurden interessierende Stellen aufgesucht und gezeichnet. Um die gleiche Position im nächstfolgenden Schnitt wiederzufinden war es nötig, ein größeres Umfeld mitzuzeichnen. In Bereichen besonders dicht stehender Zotten ohne markante Leitstrukturen (Stammzotten, Basalplatte, Chorionplatte, Septen u.a.) war es häufig nötig, zusätzliche Übersichtszeichnungen bei kleinerer Vergrößerung anzufertigen. Eine Markierung direkt auf dem Deckgläschen mit Faserschreiber erlaubte es, gezeichnete Stellen auch unter dem Photomikroskop wiederzufinden. Als zeitsparend hat es sich erwiesen, die Untersuchung einzelner Strukturen ("Proliferationsknoten", "Syncytialbrücken") am Projektionsschirm durchzuführen. Leitstrukturen können hier direkt auf dem Schirm mit abwaschbarem Faserschreiber notiert werden. Gewöhnlich wurde mit 200facher Vergrößerung gearbeitet.

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung:[+] Für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung wurden 6 reife Placenten verwendet. Die in Formalin (Verdünnung 1:4) fixierten Gewebsproben wurden in einer aufsteigenden Acetonreihe entwässert, mit der Critical Point Methode getrocknet und in druckreduzierter Argonatmosphäre mit Gold bedampft (Rosenbauer und Kegel 1978). Die Auswertung der Präparate erfolgte am Rasterelektronenmikroskop JEOL JSM - S 1.

[+] Für die freundliche Unterstützung bei der Materialgewinnung danken wir den Mitarbeitern der Universitäts-Frauenklinik Würzburg (Direktor: Prof. Dr. K.-H. Wulf) und des Kreiskrankenhauses Ochsenfurt.

++Herrn Prof. Dr. V. Becker (Pathologisches Institut der Universität Erlangen) danken wir für die Überlassung von Proben pathologisch veränderter Placenten und für die Genehmigung, das Rasterelekronenmikroskop seines Institutes für diese Arbeit benutzen zu dürfen.

Modellversuche. Für Modellversuche wurden Kupferrohre mit einem Außendurchmesser von 8 mm und einer Wandstärke von 1 mm mit einem massiven Aluminiumkern versehen und auf einer Biegevorrichtung gebogen. Die gebogenen Kupferrohre wurden auf einer Fräsmaschine mit einer Frässcheibe (Dicke 0,5 mm) in 1 mm starke Schnitte zerlegt.

Graphische Ermittlung von Schnittfiguren. Zur graphischen Ermittlung von Schnittfiguren wurde die beim technischen Zeichnen übliche Methode verwendet (Dolezel und Kubelka 1961): Der geschnittene Körper wird in drei Ansichten dargestellt (Vorderansicht, Seitenansicht, Aufsicht). Die Schnittfläche erscheint in der Seitenansicht durch die Projektion verzerrt. Man ermittelt ihre wahre Form durch Konstruktion des Bildes, das bei genau senkrechtem Blick auf sie entsteht. Der Mantel des Körpers wird mit Hilfslinien in gleiche Teile geteilt, auf die Schnittpunkte der Hilfslinien mit der Schnittlinie wird das Lot gefällt. Man zeichnet parallel zur Schnittlinie die Abstände der Hilfslinien auf dem Körpermantel ein. Verbindet man die Kreuzungspunkte der sich entsprechenden Hilfslinien miteinander, so ergibt sich die wahre Schnittfigur.

Befunde und Interpretationen

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung (vgl. Kaufmann 1971; Ludwig 1971; Fox et al. 1974; Sheppard et al. 1974; King et al. 1975; Schiebler und Kaufmann 1981).

Die rasterelektronenmikroskopische Darstellung des Zottenbaumes der reifen menschlichen Placenta ergibt ein Bild verwirrender Vielfalt. Neben langen gekrümmten und gebogenen Zotten erscheinen auch kurze, halbkugelige Gebilde, die sich nur wenig über ihre Verzweigungsstelle erheben. Zotten mit bulbös aufgetriebenem Ende auf schlankem Hals sind nicht selten. Gruppen gleichartiger Zotten kommen vor, sind aber nicht die Regel.

Das Kaliber der Endzotten ist nicht einheitlich, es variiert zwischen 20-50 um. Bei isoliert dargestellten Zotten kann man auf einen kreisförmigen Querschnitt schließen, der stellenweise auch ellipsoid abgeflacht sein kann.

Die Oberfläche der Zotten ist gewöhnlich glatt und ohne Ausstülpungen und Einziehungen. An manchen Stellen erscheint sie auch gefältelt oder mit Niederschlägen von Fibrin oder Blutkoageln belegt. Mechanisch verursachte Beschädigungen des spröden Materials sind an den typischen Bruchkanten leicht zu erkennen. Das Zottenende ist stets abgerundet und nie spitz auslaufend. Verschmelzungen des Syncytiotrophoblast im Sinne von "Syncytialbrücken" werden an isoliert stehenden Zotten nicht beobachtet.

Lichtmikroskopische Untersuchung

Es wurde bei ca. 900 "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" eine räumliche Rekonstruktion versucht. Bei ca. 300

Schnitten gelang es nicht, die interessierende Stelle an einem Folgeschnitt wiederzufinden. Der Grund dafür lag in Ausrissen, Verschiebungen, Fibrineinlagerungen, Verkalkungen und Verklebungen mit anderen Zotten. In diesen Fällen war eine eindeutige Aussage nicht möglich. Bei den verbleibenden ca. 600 erfolgreichen Rekonstruktionen lassen sich folgende Bilder unterscheiden:

I. "Proliferationsknoten"

a. "Langer, ungestielter Proliferationsknoten" (Abb.1). Eine längere (ca. 20 um) kernreiche Struktur, die vom Syncytiotrophoblast ausgeht, zieht von einem kreisförmigen oder ellipsoiden Zottenquerschnitt in den intervillösen Raum (Abb. 1b). Stromaelemente sind in dem "Knoten" nicht erkennbar, die länglichen, ovalen Kerne stehen sehr dicht, sie wirken hyperchromatisch bzw. pyknotisch.

In den Folgeschnitten nach der einen Seite wird der ursprünglich von dem "Knoten" eingenommene Raum durch einen eindeutigen Zottenlängsschnitt besetzt (Abb. 1a). Häufig ist eine Übergangsregion zu beobachten, in der Stromaelemente und/oder Kapillarschnitte zu erkennen sind.

In der Folgeschnitten nach der anderen Seite nimmt der "Knoten" an Länge ab; es zeigt sich bald ein Zottenquerschnitt gleicher oder ähnlicher Gestalt wie im Ausgangsschnitt mit normalem Syncytiotrophoblast, dem der "Knoten" fehlt (Abb. 1c).

Interpretation. Es handelt sich um stärker gekrümmte Zotten,

die im Krümmungsscheitel geschnitten werden (vgl. Abb. 6). Bedingt durch die tangentiale Schnittführung erscheint der Syncytiotrophoblast im Krümmungsscheitel als knotige Vorwölbung. Die Dichte der Kernansammlung kann durch eine dachziegelartige Anordnung der Kerne erklärt werden, die sich im Syncytiotrophoblast eindeutig quer getroffener Zotten oft beobachten läßt. Es finden sich aber auch im orthograd getroffenen Syncytiotrophoblast Stellen, an denen die Kerne außerordentlich dicht stehen, ja kondensiert erscheinen.

b. "Gestielter Proliferationsknoten" (Abb. 2). Im Ausgangsbild ist eine kernreiche, knotige Struktur über einen dünneren, gewöhnlich kernlosen Stiel mit dem Syncytiotrophoblast eines runden oder ellipsoiden Zottenquerschnittes verbunden (Abb. 2b).

In den Folgeschnitten nach der einen Seite wird das Gebiet der knotigen Verdickung zunächst von Stroma eingenommen. Dann verbreitert sich der "Stiel" und gleicht schließlich im Aussehen dem Knoten des Ausgangsschnittes. Auch seine Position wird von Stroma besetzt, so daß schließlich ein typischer Längsschnitt durch eine Zotte vorliegt (Abb. 2a).

In den Folgeschnitten nach der anderen Seite zeigt meist schon der nächste Schnitt einen eindeutigen Zottenquerschnitt von ähnlicher Form wie der Ausgangsschnitt, aber mit normalem Syncytiotrophoblast (Abb. 2c). In eineigen Fällen zeigt sich eine scheinbar isoliert stehende, kernreiche Struktur in einigem Abstand vom Zottenquerschnitt. Im nächstfolgenden Schnitt ist auch diese verschwunden.

Interpretation. Es handelt sich um Schnitte durch stärker und doppelt gekrümmte Zotten (vgl. Abb. 7). Der kernreiche Anteil des "Proliferationsknotens" kommt durch einen Tangentialschnitt zustande, der den Syncytiotrophoblast in der zweiten Krümmung mehr zentral trifft. Der "Stiel" entsteht durch einen Tangentialschnitt in der ersten Krümmung, der Syncytiotrophoblast wird hier weiter peripher getroffen.

c. Schnitt durch eine Verzweigungsstelle (Abb. 3).Der Ausgangsschnitt entspricht den oben beschriebenen "langen Proliferationsknoten" bzw. "gestielter Proliferationsknoten" (Abb. 3b).

In den Folgeschnitten nach der einen Seite behält der Querschnitt der Ausgangszotte seine ursprüngliche Form. Die Position der syncytialen Ausstülpung wird nach und nach von einem schmalen Zottenlängsschnitt eingenommen. In den weiteren Folgeschnitten verlängert und verbreitert sich dieser zunehmend und vereinigt sich mit der Ursprungszotte. (Abb. 3c,d).

In den Folgeschnitten nach der anderen Seite nimmt der "Knoten" an Länge ab und es zeigt sich bald ein Zottenquerschnitt mit gleichmäßigem Syncytiotrophoblast (Abb. 3a).

Interpretation. Ein "langer Proliferationsknoten" entsteht, wenn bei einem Schnitt durch eine Verzweigungsstelle der Syncytiotrophoblast tangential getroffen wird. Krümmt sich die abgehende Zotte in geeigneter Weise, kommt ein "gestielter Proliferationsknoten" zustande (vgl. Abb. 10).

d. "Kurzer Proliferationsknoten". Der Syncytiotrophoblast eines runden oder ellipsoiden Zottenquerschnittes zeigt eine kernreiche, nur wenig in das Intervillum ragende Ausstülpung. Die Länge dieses "Proliferationsknotens" beträgt ungefähr die doppelte Dicke des benachbarten Syncytiotrophoblast. Die Folgeschnitte nach beiden Seiten entsprechen sich in diesem Falle witgehend. Der "Knoten" verringert siene Länge über viele Schnitte in kleinen Schritten. Die Form des Zottenquerschnittes verändert sich nur unwesentlich.

Interpretation. Eine eindeutige Interpretation dieser Schnittfolge ist nicht möglich. Es kann sich hier um Zotten mit langgestreckter leichter Krümmung handeln. Der Nachweis ist bei der Unschärfe der angewandten Rekonstruktionsmethode und wegen des Fehlens eines festen Bezugspunktes über alle Schnitte hinweg nur schwierig möglich. Es können aber auch Verdickungen des Syncytiotrophoblast vorliegen, die echte Differenzierungen darstellen.

II. "Syncytialbrücken"

Auch zwischen sog. "Syncytialbrücken" bestehen Unterschiede. Diese beziehen sich weniger auf die äußere Form der "Brücken" -diese variiert bei allen Typen in Länge und Breite in ähnlicher Weise- als vielmehr auf die Form der Zottenquerschnitte, die miteinander verbunden zu sein scheinen.

a. "Syncytialbrücken" zwischen runden Zottenquerschnitten (Abb. 4). Im Ausgangsschnitt verbindet sich der Syncytiotrophoblast zweier annähernd runder Zottenquerschnitte über eine

kernreiche Struktur miteinander. Die Zottenquerschnitte ähneln sich: Sie haben etwa gleichen Durchmesser und meist auch die gleiche Zahl angeschnittener Gefäße. Die "Brücke" ist in ihrer Mitte gewöhnlich etwas schmäler als an ihren Ausgangsstellen (Abb. 4b).

Bereits im nächsten Schnitt nach der einen Seite zeigen sich im Bereich der "Brücke" Stromaelemente und/oder Kapillaranschnitte. Es kann sogar der Eindruck einer "Kanalisierung" entstehen. In weiteren Folgeschnitten liegt ein großer, ovaler Zottenquerschnitt vor, der den Raum der ursprünglichen zwei Zottenquerschnitte einnimmt (Abb. 4a).

In den Folgeschnitten nach der anderen Seite behalten die Zottenquerschnitte ihre Ausgangsform, meist weichen sie etwas auseinander. Die "Brücke" trennt sich, es erscheinen häufig an jedem der beiden Zottenquerschnitte "Proliferationsknoten", die zueinander gerichtet sind. Diese werden zunehmend kürzer und schließlich zeigen sich zwei voneinander unabhängige, runde Zottenquerschnitte (Abb. 4c,d).

Interpretation. Es handelt sich um U-förmig gebogene Zotten, die senkrecht zur Längsachse geschnitten sind (vgl. Abb. 9). Die "Proliferationsknoten" entstehen im Krümmungsbereich unterhalb des Scheitels.

b. "Syncytialbrücken" zwischen Zottenlängsschnitten. Im Ausgangsschnitt scheinen Zottenanschnitte mit unregelmäßiger, meist langgestreckter Form durch eine schmale, gewöhnlich längere, kernreiche Struktur miteinander verbunden zu sein.

In den Folgeschnitten nach der einen Seite wird der ursprünglich von der "Brücke" eingenommene Raum zunehmend, meist von einem Zottenanschnitt ausgehend, von Stroma besetzt. Die "Brücke" scheint sich in Richtung des anderen Zottenanschnittes zu verschieben, wird aber schließlich kürzer und ihr Platz wird völlig von bindegewebigen Strukturen und Kapillaren ausgefüllt. Es zeigt sich dann ein durchgehender Zottenlängsschnitt mit normalem Syncytiotrophoblast.

In den Folgeschnitten nach der anderen Seite werden die Zottenanschnitte schmäler, im Bereich der "Brücke" können zueinander gerichtete "Proliferationsknoten" auftreten. Die Zottenanschnitte entfernen sich zunehmend oder verschwinden völlig.

Interpretation. Es handelt sich um gewellt verlaufende Zotten, die parallel zu ihrer Längsachse geschnitten wurden. Die brückenartigen und knotigen Strukturen kommen durch Tangentialschnitte durch den Syncytiotrophoblast zustande. Die scheinbare Verschiebung der "Brücke" resultiert aus Anschnitten weiter distal gelegener Zottenanteile.

c. "Syncytialbrücken" zwischen Zottenquerschnitten und Zottenlängsschnitten. Im Ausgangsschnitt ist ein annähernd runder Zottenquerschnitt mit einem unregelmäßig geformten, langgestreckten Zottenanschnitt durch eine kernreiche, brückenartige Struktur verbunden. Auch Verbindungen von runden Zottenquerschnitten unterschiedlichen Durchmessers sind möglich.

In den Folgeschnitten nach der einen Seite entfernen sich die Zottenanschnitte zunehmend voneinander. Es können sich knotige

Ausstülpungen des Syncytiotrophoblast zeigen, die sich zunehmend verkürzen. Schließlich zeigen sich Zottenanschnitte mit normalem Syncytiotrophoblast.

In den Folgeschnitten nach der anderen Seite wird die syncytiale Verbindung durch bindegewebige Stromateile und Kapillaranschnitte ersetzt. Die Zottenanschnitte vereinigen sich schließlich zu einem Zottenquerschnitt länglich ovaler Form.

Interpretation. Geschnitten sind Verzweigungsstellen, bei denen die Zotten in spitzem Winkel auseinanderstreben. Bemerkenswert ist, daß die knotige Vorwölbung an der Ursprungszotte häufig länger persistiert als eigentlich zu erwarten wäre. Es scheint an den Verzweigungsstellen eine "zwickelartige" Verdickung des Syncytiotrophoblast zu bestehen. Diese Verdickung kann auch an Längsschnitten durch Verzweigungsstellen nachgewiesen werden.

Graphische Ermittlung von Schnittfiguren am Hohlzylinder und Modellversuch

Idealisiert läßt sich die placentare Endzotte als Hohlzylinder mit definierter Wandstärke denken. Der Mantel des Rohres entspräche dem Syncytiotrophoblast, die Lichtung dem Stroma. Am Modell gefundene Schnittfiguren sind auch im histologischen Schnitt zu erwarten. Es soll hier nicht berücksichtigt werden, daß auch unrunde Zottenquerschnitte vorkommen; auch für Zotten mit ellipsoidem oder unregelmäßigem Querschnitt gilt das hier Gesagte. Die Form des Zottenquerschnittes bei Schnitt durch eine Krümmung oder bei Schrägschnitten müßte in diesen Fällen

jeweils neu konstruiert werden, am Grundprinzip der Verdickung einzelner Abschnitte des Syncytiotrophoblast durch Tangentialschnitte ändert sich nichts. Zu beachten ist, daß Schrägschnitte durch elliptische Hohlzylinder kreisförmige Querschnitte mit verdickten Polen ergeben können.

a. Schnitt durch einen geraden Hohlzylinder (Abb. 5). Wird ein Hohlzylinder geschnitten, so entstehen in Abhängigkeit vom Schnittwinkel eine Ellipse oder ein Kreis. Der kreisförmige Querschnitt weist eine gleichmäßige Wandstärke auf, beim elliptischen Querschnitt erscheint der Mantel an den Polen verdickt. Die maximale Dicke des Polmantels läßt sich mit folgender Formel beschreiben:

$$d_{max} = \frac{d_o}{\sin\alpha}$$

α = Schnittwinkel, gemessen zur Zottenlängsachse

d_o = wahre Dicke des Zylindermantels

Die Formel zeigt, daß die Dicke des Polmantels direkt vom Schnittwinkel abhängig ist. Bei $\alpha = 90^o$ (=Schnitt senkrecht zur Längsachse) ist $\sin\alpha = 1$, der Mantel hat an allen Stellen des Querschnittes die gleiche Dicke, bei flacheren Schnitten nähert sich $\sin\alpha$ 0, der Mantel wird an den Polen immer länger.

b. Schnitt durch einen gebogenen Zylinder (Abb. 6). Bei Schnitten durch gebogene Hohlzylinder entstehen asymmetrische Ovale. Der Zylindermantel erscheint an den Polen verdickt. Die scheinbare Dickenzunahme ist abhängig vom Biegungsradius und von der Höhe in der der Schnitt erfolgt.

Die maximale Dicke des geschnittenen Mantels läßt sich für den

Bereich 0-90° mit folgenden Formeln ausdrücken:

$$d_{max} = (\cos\alpha' \cdot r_2) - (\cos\alpha \cdot r_1)$$

wobei sich α' ergibt aus

$$\sin\alpha' = \frac{\sin\alpha \cdot r_1}{r_2} \qquad r_2 = r_1 + d_o$$

Die Formel zeigt, daß die scheinbare Dickenzunahme des Polmantels umso größer ist, je dichter der Schnitt am Krümmungsscheitel erfolgt.

c. Schnitt durch einen doppelt gekrümmten Hohlzylinder (Abb. 7). Bei Schnitten durch doppelt gekrümmte Hohlzylinder kann der Fall eintreten, daß der Zylindermantel im Bereich der ersten Biegung weiter peripher getroffen wird als im Bereich der zweiten Krümmung. In diesem Fall ist die Breite des geschnittenen Mantels im Bereich der ersten Krümmung schmäler als im Bereich der zweiten Krümmung. Es entsteht das Bild einer Ausstülpung mit schnmalem Stiel und aufgetriebenem Kopf. Die Länge der scheinbaren Ausstülpung ist abhängig von allen Krümmungsradien und vom Winkel den die Krümmungsradien zueinander einnehmen.

d. Schnitt durch einen bulbös aufgetriebenen Hohlzylinder (Abb. 8). Schneidet man bulbös aufgetriebene Hohlzylinder im Bereich der Auftreibung, so erhält man an der Übergangsstelle im Bereich der Biegung des Zylindermantels Schnittfiguren, die eine scheinbare Verdickung des Zylindermantels zeigen. Das gleiche gilt für Hohlzylinder, die gewellt verlaufen und im

Bereich der Krümmung des Zylindermantels geschnitten werden.

e. Schnitt durch einen U-förmig gebogenen Hohlzylinder (Abb. 9). Schneidet man U-förmig gebogene Hohlzylinder im Bereich des inneren Scheitels, so zeigen sich zwei ellipsoide Querschnitte, die durch eine taillierte Mantelbrücke verbunden sind. Die Länge dieser Verbindung ist abhängig vom Biegungsradius und vom Biegungswinkel.

f. Schnitt durch einen verzweigten Hohlzylinder (Abb. 10). Schneidet man einen verzweigten Hohlzylinder mit an allen Stellen gleicher Wandstärke im Bereich der Verbindung, so zeigt sich an der stumpfwinkligen Seite eine Vorwölbung des Zylindermantels. Die Länge dieser Vorwölbung ist vor allem vom Winkel abhängig, mit dem die Hohlzylinder auseinanderstreben. Dies gilt auch für die brückenartige Verbindung der Zylindermäntel im Bereich des spitzen Winkels.

Diskussion

Koelliker (1861) sah in histologieschen Präparaten der menschlichen Placenta "...an allen Zotten eine große Anzahl seitlicher und endständiger kleiner Auswüchse und Nebenanhänge von den verschiedenartigsten Formen, vom Fadenförmigen bis zur Gestalt kurzer gedrungener Kugeln oder länglich runder gestielter Blätter und Kegel, Fortsätze, die einzig und allein vom Epithel ausgehen...". Langhans (1870) ergänzte diese Beschreibung mit der Beobachtung: "Ein anderer Theil der Epithelialfortsätze endet nicht frei, sondern geht von einer Zotte auf die andere über".

Die in dieser Weise beschriebenen Strukturen lassen sich in jedem Präparat der Placenta leicht auffinden, sie sind sehr häufig. Nach Fox (1965) sind 10-30% der placentaren Zotten mit "Proliferationsknoten" besetzt. Über die funktionelle Bedeutung sowohl der "Proliferationsknoten" als auch der "Syncytialbrücken" wurden lebhafte Diskussionen geführt, deren teilweise conträre Thesen zu keinem abschließendem Ergebnis geführt haben (vgl. Boyd und Hamilton 1970; Schiebler und Kaufmann 1981, Lit.).

Alle uns bekannten Autoren gehen von der Prämisse aus, daß die"Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" tatsächlich echte Differenzierungen des Syncytiotrophoblast sind. Es wurde nicht bedacht, daß derartige Strukturen auch durch Tangentialschnitte zustande kommen können. Überträgt man nämlich die Beobachtungen von Koelliker und Langhans am histologischen Schnitt auf die dreidimensionale Darstellungsweise des Rasterelektronenmikroskops, so wären dort auf der Zottenoberfläche zahlreiche Vorwölbungen und "Brücken" zu erwarten. Unsere Beobachtungen, die mit den Befunden anderer Autoren völlig übereinstimmen (Kaufmann 1971; Ludwig 1971; Fox et al. 1974; Sheppard et al 1974; King et al. 1975; Schiebler und Kaufmann 1981), ergeben aber eine Zottenoberfläche, die weitgehend von Anhängseln und syncytialen Zottenverbindungen frei ist.

Die Rasterelektronenmikroskopie läßt jedoch nur eine Betrachtung der Zottenoberfläche zu, nicht aber der inneren Struktur der Zotte. Eine größere Beweiskraft für die tatsächlichen Strukturen kommt daher der Rekonstruktion der placentaren Endzotte aus lückenlosen Serienschnitten zu. Wenn die Aussage zu-

treffend ist, daß die "Proliferationsknoten" frei in den intervillösen Raum ragen (Boyd und Hamilton 1970), so sind in histologischen Serienschnitten folgende Bildsequenzen zu fordern: 1) Die Form des Zottenquerschnittes und die Lage des daran befindlichen "Proliferationsknotens" dürfen sich in den Folgeschnitten nach beiden Seiten nicht wesentlich ändern. 2) Der "Proliferationsknoten" darf in den beidseitigen Folgeschnitten nur solange erscheinen, wie es seiner Größe entspricht. 3) Der Raum, den der "Proliferationsknoten" im Ausgangsbild eingenommen hat, soll nicht durch andere Strukturen in den Folgeschnitten besetzt sein. - Für intervillöse Brücken gelten diese Forderungen analog.

Es gelingt im Rahmen dieser Untersuchung nicht, Bildsequenzen zu finden, die diesen Forderungen genügen und somit den Beweis für die Existenz von "Proliferationsknoten" erbringen. Vielmehr wird gezeigt, daß im histologischen Präparat durch die Schnittführung Gebilde entstehen, die den Eindruck erwecken, eigenständige Strukturen zu sein, es jedoch nicht sind. Denn ein Gebilde als eigenständige Struktur zu bezeichnen, ist nur dann zulässig, wenn im Serienschnitt nachgewiesen werden kann, daß es nicht nur der Teil einer anderen Struktur ist. In jedem Fall ist es unzulässig aus einem Schnitt Schlüsse auf den Aufbau eines Körpers zu ziehen. Auch das Vorkommen besonderer histologischer Merkmale oder bestimmte Enzymmuster kann nur dann als Beweis für die Existenz von "Proliferationsknoten" als eigenständige Struktur herangezogen werden, wenn nachgewiesen ist, daß diese Kennzeichen nicht auch im Syncytiotrophoblast eindeutig quergeschnittener Zotten vorkommen (vgl. Fox 1965; Kaufmann 1974; Jones und Fox 1977).

Zu erwähnen ist, daß wir in unseren Präparaten zahlreiche Gebilde sehen, die in ihrer äußeren Form "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" gleichen, jedoch nur einzelne Kerne enthalten oder kernfrei sind. In diesem Falle sind kernarme oder -freie Gebiete des Syncytiotrophoblast tangential geschnitten.

"Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" in der menschlichen Placenta können also durch die Schnittführung entstehen und damit Schnittartefakte sein. Ob sie es in allen Fällen sind, kann diese diese Arbeit nicht beweisen. Insbesondere bei kürzeren 'Proliferationsknoten" versagt die Methode der Rekonstruktion aus Serienschnitten. Es entsteht hier ein Grenzbereich in dem nicht mehr entschieden werden kann, ob die Verdickung des Syncytiotrophoblast durch die Schnittführung zustande kommt oder eine echte Differenzierung ist.

Alle Aussagen gelten auch für die untersuchten pathologisch veränderten Placenten, die eine erhöhte Anzahl von "Proliferationsknoten" aufweisen (vgl. Becker 1962;Myers und Fujikura 1968; Alvarez et al. 1972).

Die graphische Konstruktion von Schnittfiguren am Hohlzylinder zeigt exemplarisch einige Möglichkeiten auf, wie "Proliferationsknoten" und "Syncytialbrücken" durch Schnittführung entstehen können. Zu ergänzen wäre hier, daß der dem Mantel des Hohlzylinders entsprechende Syncytiotrophoblast ungleichmäßig dick ist und außerdem neben kernreichen Abschnitten auch kernarme oder kernfreie enthält.Letztlich ist der Formen-

reichtum der menschlichen Placenta nahezu unbegrenzt. Die Zotten können sich in jeder Weise biegen, krümmen und verzweigen; ihre Längen variieren stark. Der Schnitt kann die Zotte an allen Stellen und in jedem Winkel treffen. Die Entstehung von Schnittartefakten ist durch nichts limitiert.

Literatur

Alvarez H, Medrano CV, Sala A, Benedetti L (1972) Trophoblast development gradient and its relationship to placental hemodynamics. Am J Obstet Gynecol 114:873-878

Becker V (1972) Funktionelle Morphologie der Placenta. Arch Gynäk 198:1-28

Boyd JD, Hamilton WJ (1970) The human placenta. Macmillan Press Ltd, London

Dolezel B, Kubelka W (1961) Technisches und darstellendes Zeicnen. Oldenburg, München

Fox H (1965) The significance of villous syncytial knots in the human placenta. J Obstet Gynecol Brit Commonwealth 72:347-355

Fox H, Blanco A (1974) Scanning electron microscopy of the human placenta in normal and abnormal pregnancies. Eur J Obstet Gynecol 4:45-50

Grosser O (1927) Frühentwicklung, Eihautbildung und Placentation des Menschen und der Säugetiere. J.F. Bergmann, München

Hörmann G (1953) Ein Beitrag zur funktionellen Morphologie der menschlichen Placenta. Arch Gynäkol 184:109-123

Jones JP, Fox H (1977) Syncytial knots and intervillous bridges in the human placenta: an ultrastructural study. J Anat 124:275-286

Kaufmann P (1971) Die Darstellung trophoblastischer Plasmapolypen mit dem Rasterelektronenmikroskop. Arch Gynäkol 211:523-526

Kaufmann P, Schiebler TH, Ciobotaru C, Stark J (1974) Enzymhistochemische Untersuchungen an reifen menschlichen Placentazotten. Histochemistry 40:191-207

King BF, Menton DN (1975) Scanning electron microscopy of human placental villi from early and late gestation. Am J Obstet Gynecol 122:824-828

Koelliker A (1861) Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. W. Engelmann, Leipzig

Langhans T (1870) Zur Kenntnis der menschlichen Placenta. Arch Gynäkol 1:317-334

Ludwig H (1971) Oberflächenstrukturen der menschlichen Placenta im Rasterelektronenmikroskop. Arch Gynäkol 210:1-20

Myers RE, Fujikura T (1968) Placental changes after experimental abruptic placentae and fetal vessel ligitation of rhesus monkey placenta. Am J Obstet Gynecol 100:846-851

Peter K (1943) Placenta-Studien. Z Mikrosk Anat Forsch 53:142-174

Romeis B (1968) Mikroskopische Technik. Oldenburg, München, Wien

Rosenbauer KA, Kegel BH (1978) Rasterelektronenmikroskopische Techniken. Thieme, Stuttgart, New York

Schiebler TH, Kaufmann P (1969) Über die Gliederung der menschlichen Placenta. Z Zellforsch 102:242-265

Schiebler TH, Kaufmann P (1981) Reife Placenta. In: Becker V, Schiebler TH, Kubli F (Hsg) Die Placenta des Menschen. Thieme, Stuttgart, New York, pp 50-100

Schmorl G (1905) Über das Schicksal embolisch verschleppter Placentarzellen. Zbl Gynäkol 29:129-137

Shanklin DR (1958) The human placenta: a clinico-pathologic study. Obstet Gynecol 11:129-138

Sheppard BL, Bonnar J (1974) Scanning electron microscopy of the human placenta and decidual spiral arteries in normal pregnancy. J Obstet Gynecol Brit Commonwealth 81:17-20

Stieve H (1936) Über den Bau der menschlichen Placenta. Anat Anz Erg Heft 81:33-80

Tenney B, Parker F (1940) The placenta in toxemia of pregnancy. Am J Obstet Gynecol 39:1000-1005

Abb. 1

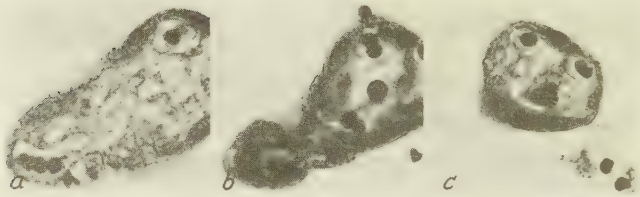

Abb. 2

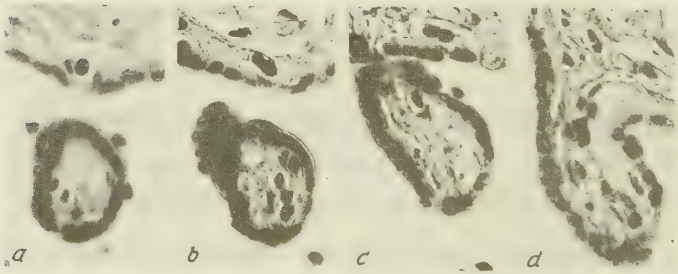

Abb. 3

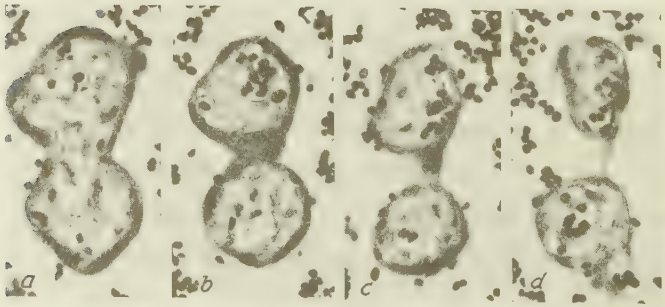

Abb. 4

Abbildungen

Abb. 1a-c. Übergang eines "langen Proliferationsknotens" b in einen Zottenlängsschnitt a und einen Zottenquerschnitt c mit normalem Syncytiotrophoblast. Lückenlose Schnittserie. Goldner-Färbung. x640

Abb. 2a-c. Übergang eines "gestielten Proliferationsknotens" b in einen Zottenlängsschnitt a und einen Zottenquerschnitt c mit normalem Syncytiotrophoblast. Lückenlose Schnittserie. Goldner-Färbung. x640

Abb. 3a-d. Schnitt durch eine Verzweigungsstelle. Übergang des "Proliferationsknotens" b in einen Zottenquerschnitt mit normalem Syncytiotrophoblast a. Annäherung und Vereinigung der Zottenquerschnitte c,d. Lückenlose Schnittserie. Goldner-Färbung. x400

Abb. 4a-d. Übergang einer "Syncytialbrücke" b in einen ovalen Zottenquerschnitt a und in zwei unabhängige Zottenquerschnitte mit normalem Syncytiotrophoblast c,d. Lückenlose Schnittserie. Goldner-Färbung. x400

Abb. 5. Zeichnerische Konstruktion eines Schrägschnittes durch einen Hohlzylinder mit kreisförmigem Querschnitt.

Abb. 6. Zeichnerische Konstruktion eines Schnittes durch einen gebogenen Hohlzylinder.

Abb. 7. Zeichnerische Konstruktion eines Schnittes durch einen doppelt gekrümmten Hohlzylinder.

Abb. 8. Zeichnerische Konstruktion eines Schnittes durch einen bulbös aufgetriebenen Hohlzylinder.

Abb. 9. Zeichnerische Konstruktion eines Schnittes durch einen U-förmigen Hohlzylinder.

Abb. 10. Zeichnerische Konstruktion eines Schnittes durch einen verzweigten Hohlzylinder.

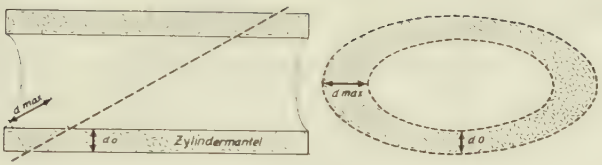

Abb. 5

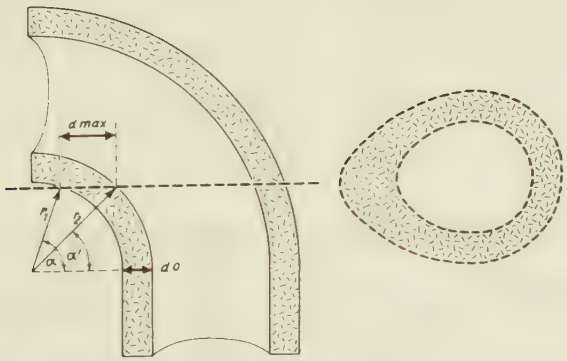

Abb. 6

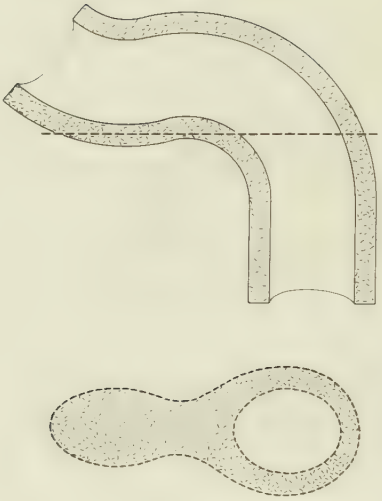

Abb. 7

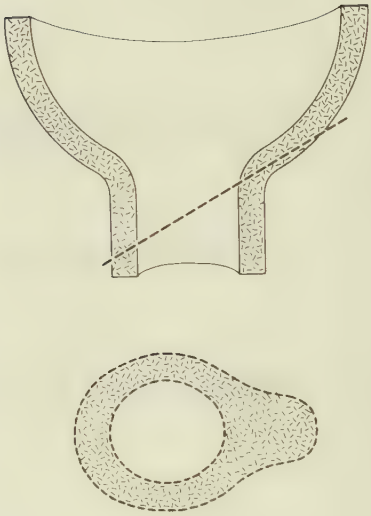

Abb. 8

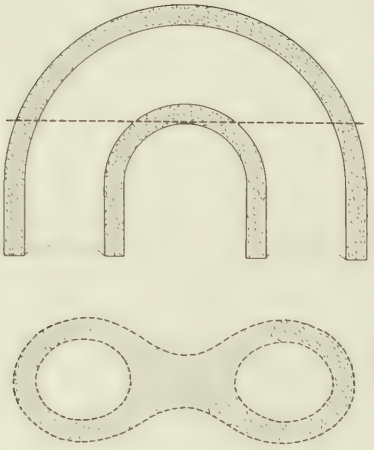

Abb. 9

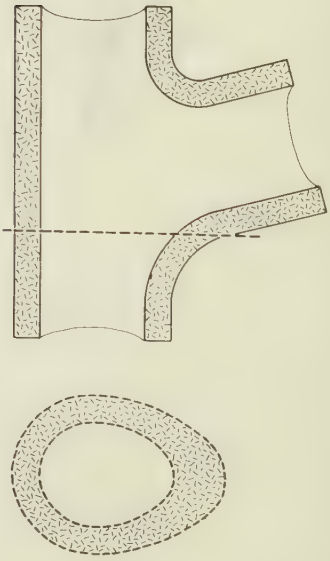

Abb. 10

Lebenslauf

Werner Küstermann, geb. 1. 7. 1949 in Marktleugast/Kulmbach
Eltern: Prokurist Erich Küstermann und Ehefrau Frieda, geb. Greim

Grundschulzeit in Hof/Saale und Kronach/Ofr.

1966	Mittlere Reife an der Staatl. Realschule Kronach	
1966 - 1969	Lehrzeit als Elektromechaniker (Elektronik)	
	Facharbeiterbrief	
1970 - 1972	Bayernkolleg Schweinfurt - Abitur am 30. 6. 1972	
1972 - 1974	Entwicklungsdienst beim DED in Jamaica	
1974 - 1980	Medizinstudium in Würzburg	
	3. 9. 1976	Ärztliche Vorprüfung
	12. 4. 1978	I. Ärztliche Prüfung
	6. 9. 1979	II. Ärztliche Prüfung
	24. 10. 1980	III. Ärztliche Prüfung
	28. 10. 1980	Approbation

Verheiratet mit Brigitte Kimmel-Küstermann, 2 Söhne

Würzburg, den 11. November 1980

W. Küstermann